

# GIỚI THIỆU CÔNG NGHỆ BÊ TÔNG ĐÁ ĐỔ TRONG XÂY DỰNG ĐẬP VÒM

**Vũ Hoàng Hưng**

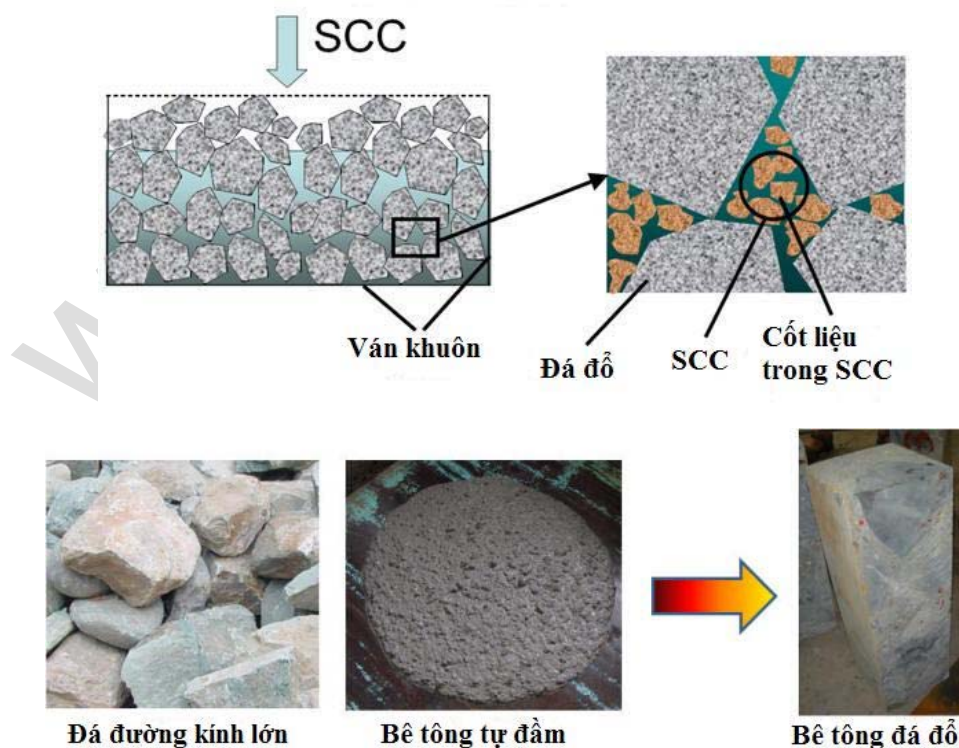
*NCS Viện Công trình thủy lợi thủy điện  
Đại học Hà Hải, Trung Quốc*

Bê tông đá đổ (bê tông tự đầm lấp đầy khối đá đổ) là một loại phương thức thi công bê tông mới do các chuyên gia về công trình thủy lợi thủy điện ở Đại học Thanh hoa Trung quốc đề xuất, sau khi trực tiếp đổ đá vào hiện trường, đổ bê tông tự đầm, lợi dụng tính năng lưu động cao của bê tông tự đầm khiến cho bê tông tự đầm tự chảy, lấp đầy trong các lỗ rỗng khối đá, hình thành khối bê tông chỉnh thể, đặc chắc, có cường độ khá cao. Thông qua các thí nghiệm trong phòng và hiện trường có thể khẳng định bê tông đá đổ có đầy đủ các tính năng như bê tông thường thậm chí còn cao hơn. Công nghệ bê tông đá đổ đã được ứng dụng trong xây dựng đập vòm trọng lực và bước đầu thành công, hiện nay đang trong quá trình chuẩn bị để xây dựng đập vòm móng cong hai chiều đầu tiên. Hy vọng công nghệ này sẽ sớm được đưa vào áp dụng tại Việt nam.

## 1 GIỚI THIỆU CÔNG NGHỆ

### 1.1 Khái niệm công nghệ bê tông đá đổ

Bê tông đá đổ (Rock-Fill Concrete, RFC) là một loại phương thức thi công bê tông mới do các chuyên gia ở Đại học Thanh hoa Trung quốc đề xuất, sau khi trực tiếp đổ đá vào hiện trường, đổ bê tông tự đầm (Self Compacting Concrete, SCC), lợi dụng tính năng lưu động cao của SCC, khiến cho SCC tự chảy, lấp đầy trong các lỗ rỗng khối đá, hình thành khối bê tông chỉnh thể, đặc chắc, có cường độ khá cao (hình 1).



Hình 1 Công nghệ bê tông đá đổ

Sử dụng RFC tiến hành đổ bê tông khối lớn có ưu điểm chủ yếu dưới đây: Thứ nhất, tốc độ thi công nhanh, chất lượng đảm bảo. Do không có quá trình đầm, công nghệ đơn giản, có thể nâng cao tốc độ thi công rất nhiều, không chế chất lượng cũng tương đối dễ dàng, chất lượng thi công dễ bảo đảm; Thứ hai, cường độ và tính bền cao. SCC là một loại bê tông tính năng cao, đặc tính cường độ cao, bền vững đã được kiểm chứng. Trên thực tế RFC chính là SCC bao hàm cốt liệu siêu lớn, vì vậy RFC cũng có cường độ khá cao. Tính đặc chắc và cường độ của RFC đã được kiểm nghiệm trong phòng thí nghiệm và ứng dụng trong công trình thực tế; Thứ ba, tiết kiệm giá thành. Sau khi trực tiếp đổ đá vào hiện trường, tỉ lệ lỗ rỗng thông thường là 40%~50%. Vì vậy lượng dùng SCC trong đơn vị thể tích RFC chỉ khoảng 45%, lượng dùng xi măng ít; Thứ tư, nhiệt thủy hoá tăng khá thấp, không chế nhiệt tương đối dễ dàng, biện pháp không chế nhiệt đơn giản.

## 1.2 Quá trình thi công RFC

Quá trình thi công RFC bao gồm các bước chủ yếu sau:

### (1) Lựa chọn đá đổ

Lựa chọn đá nghiền có đường kính không nên nhỏ hơn 20cm, dựa vào năng lực vận chuyển với rải đá có thể tận dụng hết khả năng đá khối lớn.

### (2) Dọn dẹp mặt bằng công tác và rửa sạch khối đá

Dọn dẹp mặt bằng công tác và rửa sạch khối đá chỉ cần thoả mãn yêu cầu bình thường, bảo đảm hàm lượng bùn đất không vượt quá tiêu chuẩn cho phép, không có yêu cầu đặc biệt.

### (3) Chống đỡ ván khuôn hoặc xây tường đá

So với chống đỡ ván khuôn bê tông thường thì cần chặt chẽ hơn, cần bảo đảm tính ổn định, độ cứng và độ khí tốt hơn. Nếu không có yêu cầu đặc biệt về bề mặt bê tông thì có thể sử dụng tường đá xây vữa để thay thế ván khuôn, phương pháp này có khả năng giải quyết tốt hơn vấn đề độ cứng, cường độ với độ khí của ván khuôn.

### (4) Đổ đá vào khối đổ

Đổ đá vào khối đổ hình thành khối đá đổ tự nhiên là có thể được, nếu dùng nhân công đổ đá thì độ đặc chắc có thể tăng lên nhưng giá thành tăng cao.

### (5) Sản xuất SCC và đổ vào hiện trường

Sử dụng trạm trộn để sản xuất SCC, vận chuyển và đổ vào hiện trường, không cần đầm vẫn có thể đặc chắc.

### (6) Thực hiện thi công tuần hoàn liên tục nhiều lớp đổ

Độ cao mỗi lớp đổ RFC không nên vượt quá 150cm, nhưng đủ khả năng thi công tuần hoàn liên tục, tức là trong thời gian 4 giờ sau khi hoàn thành đổ RFC lớp đầu tiên tuần tự quá trình rải đá và đổ SCC, dưới tình trạng năng lực đổ đá và sản xuất SCC được đảm bảo, có thể thi công tuần hoàn liên tục, nâng cao rất nhanh độ cao công trình.



Hình 2 Quá trình thi công RFC tại hiện trường

## 2 NGHIÊN CỨU THÍ NGHIỆM

### 2.1 Thí nghiệm tính năng lấp đầy

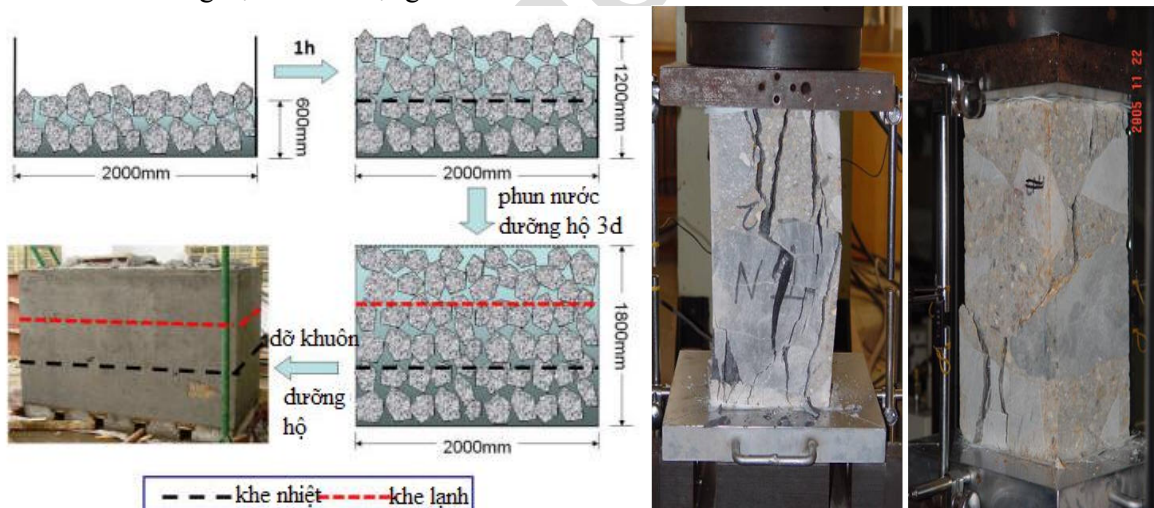
Năm 2004, Đại học Hoa nam (tỉnh Hồ nam) tiến hành thí nghiệm lấp đầy RFC, thí nghiệm đã chỉ rõ SCC có thể lấp đầy lỗ rỗng trong khối đá đổ. Đá đổ có đường kính trong khoảng 150mm~200mm được đặt ngẫu nhiên trong máng kính có kích thước 500mm×500mm×2000mm hình thành khối đá đổ, ở nơi đầu máng được mở để cho SCC chảy vào. Từ nơi đầu máng SCC tiến sâu vào khối đá đổ và lấp đầy các lỗ rỗng khối đá hình thành khối RFC. Sau khi tháo dỡ ván khuôn, RFC có bề mặt rất tốt, cốt liệu phân bố đều. Hình 3 thể hiện quá trình thí nghiệm tính năng lấp đầy của RFC.



Hình 3 Quá trình thí nghiệm tính năng lấp đầy RFC

### 2.1 Thí nghiệm tính năng cơ học

Năm 2005, đại học Thanh hoa và đại học Hoa nam cùng tiến hành thí nghiệm tính năng kháng nén của RFC, thí nghiệm đã chỉ rõ giữa viên đá và SCC trong RFC có tính dính kết khá tốt, viên đá trong RFC tạo thành kết cấu gia cường có khả năng hữu hiệu nâng cao cường độ kháng nén, khiến cho cường độ của nó cao hơn cường độ SCC sử dụng khi đổ.

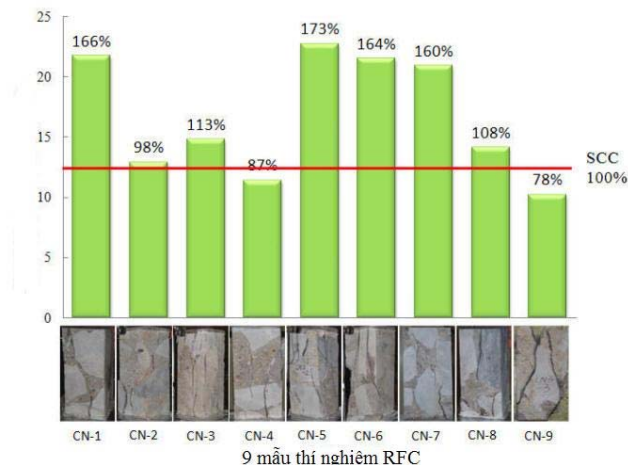


Hình 4 Trình tự thí nghiệm tính năng cơ học

Khối thí nghiệm RFC có kích thước 2.0m×1.0m×1.8m, phân làm 3 lớp đổ, mỗi lớp dày 0.6m. Phương thức đổ khối thí nghiệm này được cho ở hình 4: đầu tiên đổ một lớp RFC dày 60cm trong khuôn, sau đó trong khoảng 1h hoàn thành lớp đổ RFC dày 60cm thứ hai; sau khi hoàn thành 2 lớp đổ 1d, tháo ván khuôn, phun nước dưỡng hộ đến 3d, sau khi hoàn thành lắp dựng lại ván khuôn đổ lớp RFC dày 60cm lớp thứ 3; sau một ngày đổ hoàn chỉnh khối thí nghiệm tháo dỡ ván khuôn và phun nước dưỡng hộ. Tỷ lệ thể tích đá bình quân trong 3 lớp RFC sau khi cứng hóa là 57.7%, đồng thời ở cao độ 600mm giữa lớp đổ 1 và lớp đổ 2 tồn tại một khe nhiệt thi công, ở cao độ 1200mm giữa lớp đổ 2 và lớp đổ 3 tồn tại một khe lạnh thi công.



Thí nghiệm nén 9 mẫu hình lăng trụ được lấy ở các vị trí khác nhau của khối thí nghiệm RFC. Cường độ kháng nén khối lăng trụ SCC sử dụng trong thí nghiệm lấp đầy khối đá đổ là  $f_{prSCC}=13.1\text{MPa}$ . Từ hình vẽ 5 có thể dễ dàng so sánh cường độ cắt khối RFC với cường độ SCC, có 6 mẫu trong tổng số 9 mẫu thí nghiệm có cường độ kháng nén lớn hơn cường độ SCC sử dụng khi đổ, cao nhất có thể đạt 173% cường độ SCC, 3 mẫu còn lại cũng gần bằng cường độ SCC.



Hình 5 Cường độ kháng nén của 9 mẫu thí nghiệm (MPa)

Tóm lại, cường độ kháng nén khối lăng trụ 9 mẫu thí nghiệm RFC bình quân là  $f_{prRFC}=16.7\text{MPa} > f_{prSCC}=13.1\text{MPa}$ , cường độ bình quân RFC sau khi thành hình lớn hơn cường độ SCC sử dụng khi đổ nó.

### 2.3 Thí nghiệm tính năng kháng thấm

Năm 2005, đại học Thanh hoa tiến hành thí nghiệm tính năng kháng thấm của RFC, kết quả thí nghiệm chỉ rõ tính năng kháng thấm của RFC khá tốt, hoàn toàn có thể thỏa mãn yêu cầu kháng thấm của bê tông thủy công.



Hình 6 Mẫu thí nghiệm tính năng kháng thấm RFC

Lần lượt từ các vị trí thông thường, vị trí khe nhiệt, vị trí khe lạnh của khối thí nghiệm RFC kích thước  $2.0\text{m} \times 1.0\text{m} \times 1.8\text{m}$  trong thí nghiệm tính năng kháng nén ở trên cắt lấy mẫu, đồng thời ở xung quanh mẫu sau khi đánh xom dùng vữa tự đầm C60 và lấp đầy chế tác thành mẫu thí nghiệm kháng thấm tiêu chuẩn. Tiến hành thí nghiệm dựa theo “Quy trình thí nghiệm bê tông thủy công - DL/T 5150-2001” hiện hành.

Kết quả thí nghiệm đã chỉ rõ, cấp kháng thấm nơi vị trí thông thường, vị trí khe nhiệt và khe lạnh khối thí nghiệm RFC lần lượt là W35, W31 và W14. Cấp kháng thấm bê tông đập lớn yêu cầu thông thường

là W2 ~ W12. Đối với vị trí thông thường, vị trí khe nhiệt của khối RFC mà nói, cấp kháng thấm của nó có khả năng đạt đến trên W30, vượt khá xa so với tiêu chuẩn bê tông thủy công thông thường. Cho dù là kháng thấm tại vị trí khe lạnh tương đối yếu nhưng cấp kháng thấm của nó vẫn đạt đến W14, cũng đủ thỏa mãn yêu cầu công trình thủy thông thường.

## 2.4 Thí nghiệm tính năng kết cấu

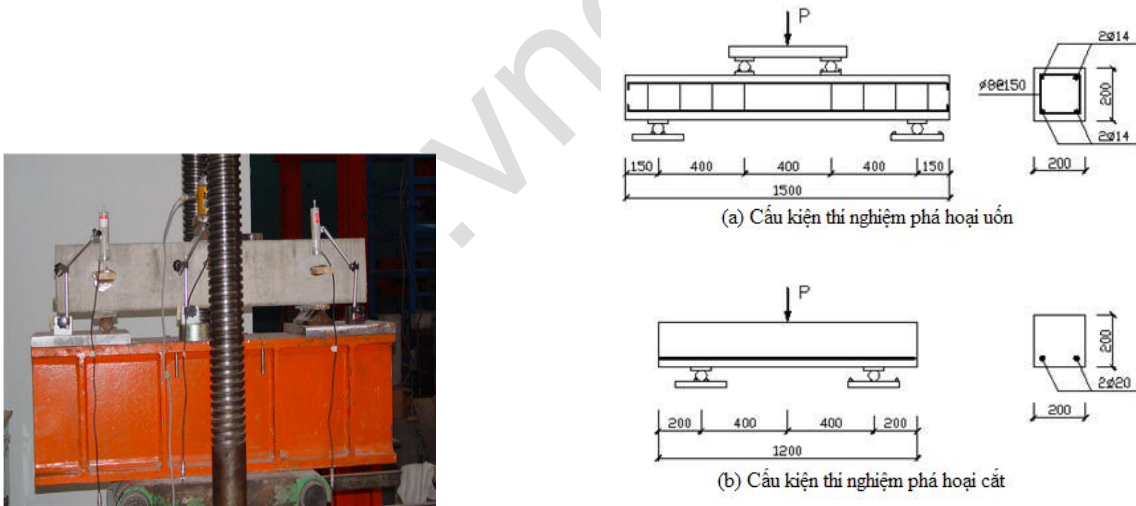
Năm 2005, đại học Thanh hoa và viện Khoa học xây dựng Bắc kinh tiến hành thí nghiệm kỹ thuật RFC ứng dụng trong cầu kiện dầm, kết quả thí nghiệm chỉ rõ bất luận phá hoại uốn hay là phá hoại cắt, dầm RFC và dầm SCC lấp đầy khối bê tông cũ đều có tính năng cơ học khá tốt, khả năng chịu lực của nó cao hơn dầm SCC, đồng thời có giá thành thấp hơn.

Mặt cắt dầm phá hoại uốn là 200mm×200mm, bố trí cốt thép dọc 2Φ14, thép đai Φ8@150; mặt cắt dầm phá hoại cắt 200mm×200mm, bố trí cốt thép dọc 2Φ20, không có cốt đai. Xem hình vẽ 7.

Bảng 1 Tham số đặc trưng thí nghiệm phá hoại uốn và cắt

Vật liệu cầu kiện	Phá hoại cắt				Phá hoại uốn			
	Chịu lực /kN	Tải trọng tương đối	Độ cong giữa dầm /mm	Độ cong giữa dầm tương đối	Chịu lực /kN	Tải trọng tương đối	Độ cong giữa dầm /mm	Độ cong giữa dầm tương đối
SCC	11.65	1	2.50	1	90.44	1	4.42	1
RFC	12.17	1.04	2.73	1.09	101.55	1.12	3.84	0.87

Phương thức bố trí cốt thép và gia tải



Hình 7 Thí nghiệm tính năng kết cấu của RFC

## 3 TÍNH TOÁN HIỆU QUẢ KINH TẾ

RFC là do đá khối giá thành thấp và SCC chất lượng tốt tạo thành, vì vậy sử dụng lượng lớn đá khối sẽ giảm rất lớn đơn giá m<sup>3</sup> RFC tạo nên hiệu quả kinh tế rõ rệt.

Phương pháp tính toán giá thành vật liệu RFC:

**Giá thành vật liệu RFC = Giá thành vật liệu SCC \* tỉ suất lỗ rỗng đá đổ + Giá thành vật liệu đá đổ \* tỉ suất thể tích đá đổ**

Bảng 2 Bảng tham số thường dùng của RFC

Giá thành vật liệu SCC	Tỉ suất lỗ rỗng đá đổ	Tỉ suất thể tích đá đổ
(1~1.2) lần giá thành VL bê tông thường	35% ~ 50%	100% - Tỉ suất lỗ rỗng đá đổ

**Giá thành vật liệu RFC = (0.35~0.6)\*Giá thành vật liệu bê tông thường + (0.65~0.5)\*Giá thành vật liệu đá đổ**

Bảng 3 So sánh giá thành tính toán RFC với giá bê tông thương phẩm trong công trình thực tế (VNĐ)  
(tham khảo)

Bản liệt kê giá thành mỗi m <sup>3</sup> bê tông RFC (C20) (tỉ suất lỗ rỗng của đá đổ thông thường là 40%)				
Hạng mục tính toán	Đơn giá vật liệu	Lượng dùng	Thành phần	Tổng hợp
Giá VL cơ bản SCC	400.000/m <sup>3</sup> SCC	40%	160.000/m <sup>3</sup> RFC	352.000/m <sup>3</sup> RFC
Giá phụ gia hóa SCC	175.000/m <sup>3</sup> SCC		70.000/m <sup>3</sup> RFC	
Giá sản xuất trạm trộn	305.000/m <sup>3</sup> SCC		122.000/m <sup>3</sup> RFC	
Giá VL đá đổ	50.000/m <sup>3</sup>	60%	30.000/m <sup>3</sup> RFC	30.000/m <sup>3</sup> RFC
Tổng hợp	382.000/m <sup>3</sup> RFC			
Giá thành RFC	382.000/m <sup>3</sup> RFC		58.8%	
Giá thành bê tông thương phẩm C20	650.000/m <sup>3</sup> C20		100%	
Tiết kiệm chi phí khi sử dụng RFC	268.000/m <sup>3</sup>		41.2%	

Từ bảng 3 có thể thấy rằng sử dụng bê tông RFC có thể tiết kiệm được 41.2% giá thành hạng mục bê tông công trình.

#### 4 ỨNG DỤNG RFC TRONG XÂY DỰNG ĐẬP VÒM

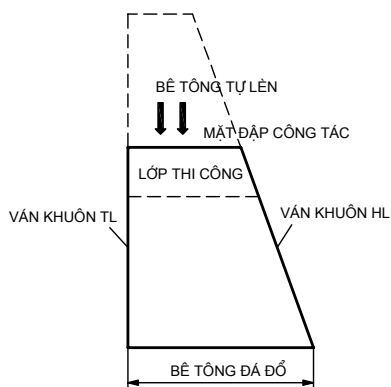
Lấy ví dụ ứng dụng RFC trong công trình bể chứa nước dùng cho quân đội ở thành phố Bắc kinh. Kết cấu công trình ngăn nước là đập vòm bê tông trọng lực cao 13.5m, tổng khối lượng bê tông là 2000m<sup>3</sup>, toàn bộ đập được sử dụng kỹ thuật RFC. Do hiện trường chật hẹp, vì vậy chỉ có một máy đào ở hiện trường để tiến hành thao tác đào và vận chuyển trên mặt bằng, toàn bộ đá đổ đưa vào hiện trường đều sử dụng phương thức thủ công, khoảng 15 công nhân làm việc, toàn bộ chiều cao đập phân thành 13 lớp đổ, thời gian thi công trong 40 ngày.



Hình 8 Hình ảnh đập đang trong thời gian thi công và sau khi hoàn thành đổ bê tông

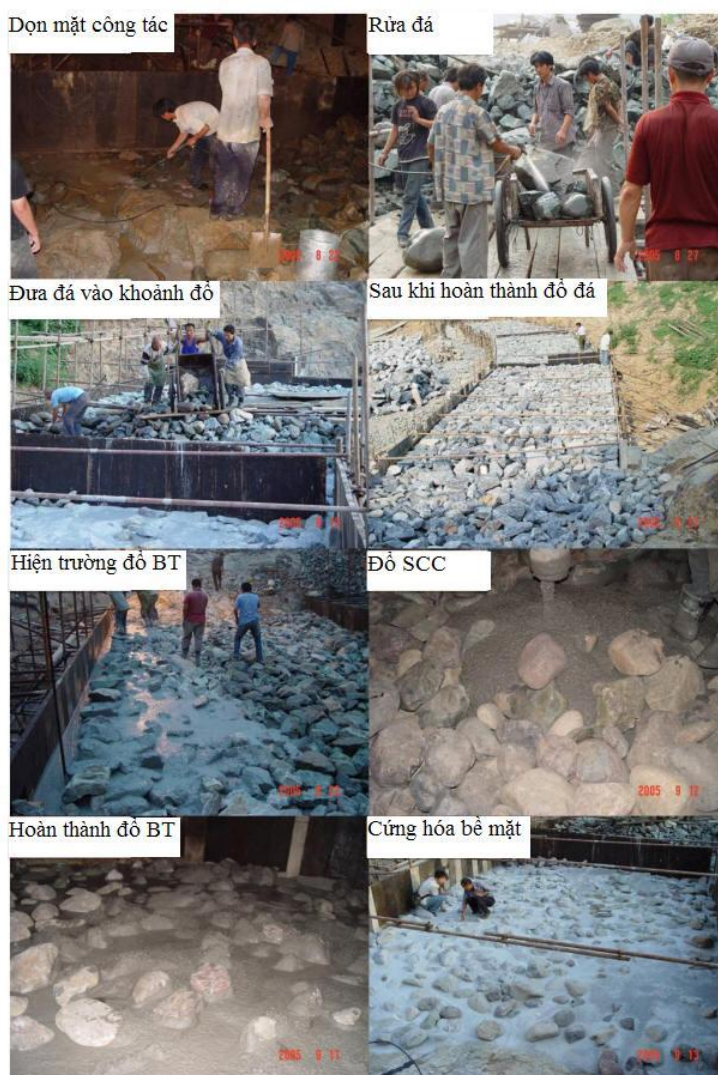
Điều kiện thi công hiện trường khá gian khổ, dưới tình trạng nhân lực và thiết bị cơ giới có hạn, nhưng hoàn thành toàn bộ công trình khá thuận lợi đồng thời thu được chất lượng thi công khá tốt.

Hình 9, 10 thể hiện biện pháp thi công RFC đập vòm trọng lực và quá trình thi công một lớp đổ RFC tại hiện trường.



Hình 9 Thi công RFC đập vòm trọng lực

Quá trình thi công





### Hình 10 Quá trình thi công một lớp đổ RFC tại hiện trường

Sau khi hoàn thành mỗi lớp đổ RFC, bề mặt đều lộ rõ rất nhiều viên đá vì vậy không cần đánh xờm hoặc giảm nhỏ thao tác đánh xờm bề mặt.

Bề mặt bê tông đá đổ sau khi tháo dỡ ván khuôn nhẵn bóng, số lượng bọt khí rất ít, đồng thời không phát sinh nứt thời kỳ đầu.



Hình 11 Bề mặt thượng và hạ lưu đập sau khi tháo dỡ ván khuôn

Hiện nay Trung quốc đang tiến hành chuẩn bị thi công đập vòm mỏng RFC đầu tiên - đập vòm Shi Longgou (đập vòm Thạch Long Cầu ở tỉnh Quý Châu), đây là đập vòm cong hai chiều, chiều cao đập lớn nhất 44.90m, đập chủ yếu sử dụng vật liệu RFC khoảng 30 nghìn m<sup>3</sup>. Chiều dài dây cung tại đỉnh là 138.46m, L/H = 3.08. Bề rộng đỉnh đập bằng 3.0m, chiều dày đáy đập bằng 11.0m. Chiều dài đập tại đỉnh 160.06m, tỉ lệ dày/cao bằng 0.245. Thành công của đập vòm này sẽ là tiền đề cho việc xây dựng những đập vòm mỏng RFC cao tiếp theo.

### Tài liệu tham khảo

- 1 Jin Feng, An Xuehui, Shi Jianjun, Zhang Chuhan. Study on rock-fill concrete dam. Journal of water resources, 36(11):2005, p1347~1352.
- 2 An Xuehui, Huang Miansong, Zhou Hu, Jin Feng. Tổng kết kỹ thuật thi công bê tông đá đổ. Đại học Thanh Hoa, Trung Quốc, 2008.
- 3 Pan Dingcai, Yang Haiying, Jin Feng, Zhou Hu. Phân tích phỏng thật ứng suất nhiệt độ đập vòm bê tông đá đổ. Tiến triển kỹ thuật kết cấu thủy công hiện đại. Nhà xuất bản thủy lợi thủy điện Trung Quốc, 2008, trang 203~209.
- 4 <http://www.tsinghua-maeda.org/index-old.htm>